

FISCH ALS LEBENSMITTEL

Blanchiert oder Gegart ? - Die Einstufung erhitzter Muscheln (*Perna canaliculus*) durch Eiweißuntersuchung

Blanched or cooked ? - Evaluation of heated mussels (*Perna canaliculus*) by protein analysis

H. Rehbein und R. Schubring, Institut für Biochemie und Technologie

Im Zuge der Verarbeitung von Muscheln wird die Rohware hydrothermisch behandelt, um die Ablösung des Fleisches von den Schalen zu ermöglichen. Dabei durchlaufen die Muscheln entweder ein erwärmtes Wasserbad, oder sie werden kurzzeitig Wasserdampf von bis zu 120 °C ausgesetzt. Diese Wärmebehandlung hat nicht zum Ziel, ein verzehrsfähiges Endprodukt zu gewinnen, sondern sie ist Voraussetzung für die weitere Verarbeitung der Muscheln.

Die kurzzeitige hydrothermische Behandlung von Lebensmitteln wird im technologischen Sprachgebrauch als „Blanchieren“ bezeichnet (Tülsner 1994). Im Gegensatz dazu beschreibt der Begriff „Garung“ eine Behandlung, die Lebensmittel in einen genießbaren Zustand überführen soll, wobei eine Verbesserung der Verdaubarkeit und eine Erhöhung des Genußwertes angestrebt werden (Täufel et al. 1979).

Die sensorische und analytische Differenzierung der Erhitzungsvarianten „blanchiert“ oder „gegart“ kann sich bei kleinmaßigen Produkten wie Garnelen oder Muscheln schwierig gestalten.

Zur Bestimmung der Erhitzungstemperatur von Lebensmitteln läßt sich die thermische Denaturierung von Proteinen ausnutzen (Bogin et al. 1992; Townsend und Blankenship 1989). Der Gehalt an löslichem oder koagulierbarem Protein und das nach Eiweiß-Elektrophorese erhaltene Muster erlauben Rückschlüsse auf die Temperaturen, die während der Verarbeitung (Garen, Räuchern, Braten etc.) in einem Erzeugnis auftraten (Rehbein 1992). Als weitere Methode wird die temperaturbedingte Abnahme von Enzymaktivitäten eingesetzt (Luten et al. 1992; Senter et al. 1995). Neben den elektrophoretischen und enzymorientierten Methoden wird auch die dynamische Leistungskompensations - Differenz - Kalorimetrie (DSC) erfolgreich angewendet, um eine vorangegangene Erhitzung nachzuweisen (Ellekjær 1992).

In der vorliegenden Arbeit werden verschiedene Methoden der Protein- und Enzymanalyse zur Differenzierung zwischen blanchierten und gegarten Grünlippigen Neuseeländischen Muscheln (*Perna canaliculus*) (Neuseeland Miesmuschel) vorgestellt. Eine objektive Methode zur Beschreibung des Status dieser Muscheln ist auch Voraussetzung für die sachgerechte Zollltarifizierung entsprechender Muschelfleisch-Erzeugnisse.

Abstract:

The evaluation of heated mussels by protein analysis makes clear that the methods used allow a differentiation between mussel tissues which had experienced different degrees of heating. It could be verified by both, the analysis of enzyme activities and differential scanning calorimetry that the investigated trade products were only blanched and not completely well done cooked.

Material

Untersuchungsmaterial

Folgende Proben der Grünlippigen Neuseeländischen Muschel (*Perna canaliculus*) wurden untersucht:

- Rohes, tiefgefrorenes Muschelfleisch (Vergleichsmaterial)
- Handelsprodukt: Blanchiertes, tiefgefrorenes Muschelfleisch (Handelsbezeichnung: Greenshell Mussels, I.Q.F. Mussel Meat, Neuseeländisches Grünschalmuschelfleisch, blanchiert, tiefgefroren, Sortierung M). Das Durchschnittsgewicht des Fleisches einer Muschel betrug 17,2 g (Spanne: 10,8 - 26,4 g, n=20).
- Handelsprodukt: Blanchiertes, tiefgefrorenes Muschelfleisch in Halbschale (Handelsbezeichnung: Greenshell Mussels on the Halfshell, Neuseeländische Grünschalmuscheln in halber Schale, blanchiert, tiefgefroren, Sortierung M).

Probenvorbereitung

Das Muschelfleisch wurde in einem Plastikbeutel in Leitungswasser an- bzw. aufgetaut.

Analysenmethoden

Herstellung von Extrakten

Zur Bestimmung des Gehaltes an löslichem Protein und der Aktivität verschiedener Enzyme wurde Muschelfleisch bzw. daraus isoliertes Gewebe mit einem Puffer, dem ein Proteaseinhibitor zugesetzt worden war, homogenisiert:

1 Gewichtsteil Muschelfleisch + 2 Volumenteile Puffer (25 mM Tris-HCl, pH 8, 0,1 mg Pefabloc SC/ml; Puffer im Kühlschrank aufbewahren, Pefabloc unmittelbar vor Gebrauch zugeben) mit dem Ultra-Turrax mixen. Homogenat hochtourig zentrifugieren (Sorvall RC 5B, Rotor SS34, 5 °C, 30 min, 18 000 Upm), Überstand im Kühlschrank aufbewahren.

Proteinbestimmung

Zur Proteinbestimmung wurde der Bio-Rad Protein Assay eingesetzt. Als Standard diente Rinderserumalbumin, die Extrakte und Proteinlösungen wurden ggf. mit destilliertem Wasser verdünnt.

Enzymtests

Die Bestimmung der Aktivitäten der alpha-Glucosidase, beta-N-Acetylglucosaminidase, sauren Phosphatase und L-Lactat-Dehydrogenase erfolgte wie bei Rehbein (1979) beschrieben. Der Aminopeptidase-Test wurde nach der Vorschrift von Boetius und Felbeck (1995) durchgeführt.

Temperaturmessungen

Muschelfleisch und daraus gewonnene Extrakte wurden in einem regelbaren Wasserbad auf verschiedene Temperaturen erhitzt. Zur Bestimmung der in den erwärmten Proben (Muschelfleisch und Extrakte) auftretenden Temperaturen wurde ein elektronisches Thermometer mit einem Ni/Cr-Ni - Fühler benutzt.

Isoelektrische Fokussierung (IEF)

Zur IEF der wasserlöslichen Proteine des Muschelfleisches wurden Fertiggele (Servalyt-Precotes 3-10, 0,3 mm Schichtdicke) eingesetzt. Die IEF erfolgte im wesentlichen gemäß der Bedienungsanleitung von SERVA; der Anolyt 3 enthielt zusätzlich 10 mM CaCl_2 , gefärbt wurde mit Serva Violet 49.

DYNAMISCHE LEISTUNGSKOMPENSATIONS-DIFFERENZ-KALORIMETRIE (DSC)

Die Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an die von Schubring (1994) beschriebene Verfahrensweise mit einem DSC 7 (Perkin Elmer, Überlingen) unter

Verwendung von 30 μL Aluminium-Pfännchen BO 169 320. Die Einwaage an Muschelfleisch betrug ca. 15 mg. Als Referenz diente ein leeres Pfännchen. Alle Messungen wurden vierfach ausgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Beschreibung des Muschelfleisches

Muschelfleisch besteht, im Gegensatz zu Fisch- oder Warmblüterfleisch nicht nur aus Muskulatur, sondern aus vielen verschiedenen Gewebearten. Neben einigen Muskeln zählen dazu u.a. Kiemen, Gonaden, Herz und die Verdauungsorgane. In Abhängigkeit von unterschiedlichen physiologischen Aufgaben sind Proteinzusammensetzung und Enzymausstattung dieser Gewebe deutlich verschieden (Yamada und Suzuki, 1983). Diese natürlichen Gegebenheiten sind bei der Auswahl der Methoden und der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Eine besondere Schwierigkeit für die biochemische Analytik von Muscheln ergibt sich aus dem hohen Gehalt an Mucopolysacchariden in einigen Organen wie Mantel und Kiemen. Diese hochmolekularen Substanzen führen zu starken Trübungen in Extrakten und erschweren daher die Anwendung eines Proteinkoagulationstests, wie er beispielsweise von Coretti (1957) beschrieben wurde.

Elektrophorese von Muschelfleischproteinen

Aus rohem, homogenisiertem Muschelfleisch wurden die wasserlöslichen Proteine mit einem Puffer niedriger Ionenstärke extrahiert. Die Extrakte wurden im Wasserbad auf verschiedene Temperaturen erhitzt (15 min bei 45-80 °C) und zur Abtrennung des koagulierten Proteins zentrifugiert.

Die Proteingehalte der Überstände (Tabelle 1) und die Bandenmuster nach isoelektrischer Fokussierung (IEF) der Proteine (Abbildung 1) zeigen deutlich, daß beide Methoden nicht zur Bestimmung der Erhitzungstemperatur von Muschelfleisch geeignet sind. Bei einer Temperatur von 50 °C waren etwa zwei Drittel des Proteins schon koaguliert; die Proteingehalte im höheren Temperaturbereich korrelierten, unter Berücksichtigung der Variation zwischen den beiden Ansätzen, nur unbefriedigend mit der Erhitzungstemperatur.

Tab. 1: Proteingehalt in erhitztem Muschelfleischextrakt

| Erhitzungstemperatur (°C) des Extraktes | Proteingehalt (mg/ml) im Überstand | |
|--|------------------------------------|------|
| | I | II |
| Rohextrakt | 14,9 | 16,7 |
| 45 | 13,1 | 7,9 |
| 50 | 5,6 | 5,1 |
| 55 | 4,5 | 4,7 |
| 60 | 3,5 | 3,6 |
| 65 | 3,2 | 3,5 |
| 70 | 3,1 | 2,5 |
| 75 | 2,6 | 2,6 |
| 80 | 2,2 | 2,2 |

I,II: Extrakte aus dem Fleisch zweier Muscheln

Zur Extrakterstellung wurden jeweils 10 g Muschelfleisch mit 20 ml Puffer (25 mM Tris-HCl pH 8,0, 1 mg/ml Pefabloc SC) homogenisiert und zentrifugiert. Der Überstand (Rohextrakt) wurde 15 min bei den angegebenen Temperaturen im Wasserbad inkubiert und anschließend nochmals zentrifugiert.

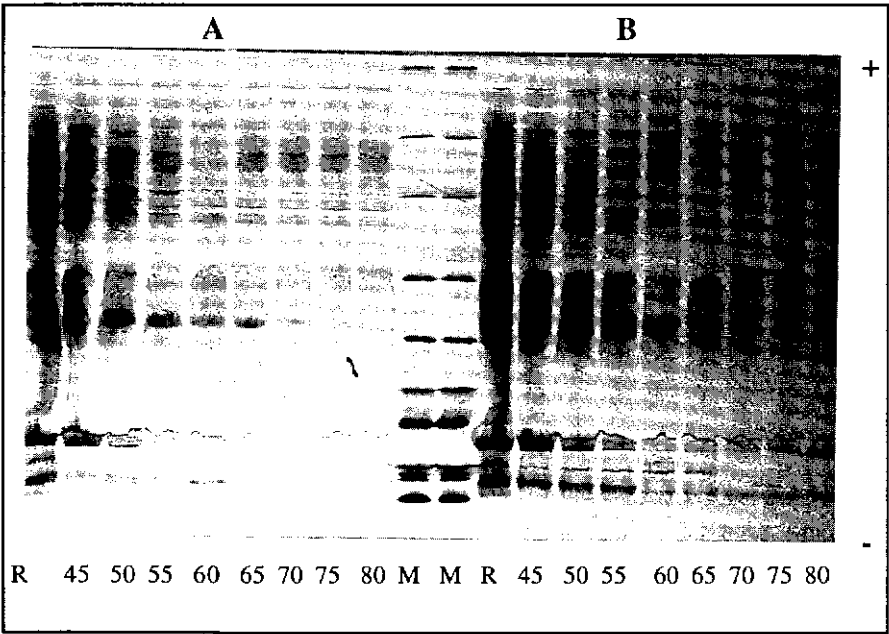
Enzymaktivitäten im rohen Muschelfleisch

Die thermische Stabilität verschiedener Enzyme eines Organismus kann stark variieren (Bogin et al. 1992). Daher wurden 5 verschiedene Enzyme auf ihre Eignung für die Untersuchung von Muschelfleisch geprüft: (i) alpha-Glucosidase, (ii) saure Phosphatase, (iii) beta-N-Acetylglucosaminidase, (iv) Aminopeptidase, (v) L-Lactat-Dehydrogenase.

Aufgrund ihrer einfachen, schnellen und reproduzierbaren Messung, sowie ihrer hohen Aktivität im Muschelfleisch, wurden die Enzyme (i) - (iii) für die weiteren Untersuchungen ausgewählt. Eine L-Lactat-Dehydrogenase-Aktivität war im Fleisch der rohen Muscheln nicht nachweisbar.

Die Enzymaktivitäten im rohen Muschelfleisch und in einigen Organen aus nicht erhitzten Muscheln sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Fuß und Mantel besaßen

Abb. 1: IEF-Muster der wasserlöslichen Proteine von Muschelfleisch, das auf unterschiedliche Temperaturen erhitzt wurde. A, B-Extrakte aus 2 Muscheln, M-Proteinmarker, R-Rohextrakt. Die Ziffern geben die Erhitzungstemperaturen der Extrakte in ° C an.



Die Proteinmuster der Rohextrakte waren durch zahlreiche feine Banden auf diffusem Hintergrund gekennzeichnet. Durch die Erhitzung wurde die Intensität aller Banden schwächer, ohne daß ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Verschwinden einzelner Banden erkennbar war.

wesentlich größere Enzymaktivitäten als der vordere Schließmuskel. Die Aktivität des gesamten Muschelfleisches, das neben der Muskulatur auch ein Organgemisch enthält, lag , wahrscheinlich aufgrund der darin eingeschlossenen Verdauungsorgane, noch deutlich höher.

Thermische Stabilität der Enzyme

Da den in den verschiedenen Körperbereichen gemessenen Enzymaktivitäten unterschiedliche Proteine (Isoenzyme) zugrundeliegen können, wurde die thermische Stabilität der Enzyme aus dem Fuß, dem

Mantel und dem gesamten Muschelfleisch ermittelt (Tabelle 3 und 4). In allen drei Gewebeproben wies die beta-N-Acetylglucosaminidase die größte Thermostabilität auf, gefolgt von der alpha-Glucosidase und der sauren Phosphatase. Erwärmung auf 50 °C zerstört weitgehend die Phosphatase-Aktivität, auf 60 °C die Glucosidase-Aktivität, während die N-Acetylglucosaminidase-Aktivität erst in den auf 70 °C erhitzten Proben nicht, bzw. nur in Spuren, nachweisbar war.

Tabelle 2: Aktivität der alpha-Glucosidase (AGLU), beta-N-Acetylglucosaminidase (NACE) und sauren Phosphatase (SPHO) im Gesamtfleisch und in Organen aus rohen Muscheln

| Probe | Enzymaktivität ($E \times h^{-1} \times mg \text{ Protein}^{-1}$) | | |
|----------------|---|------|------|
| | AGLU | NACE | SPHO |
| Muschelfleisch | 10,30 | 4,29 | 34,5 |
| Schließmuskel | 2,19 | 0,29 | 2,7 |
| Fuß | 14,10 | 0,77 | 9,0 |
| Mantel | 5,04 | 0,50 | 15,0 |

Tab. 3: Abnahme von Enzymaktivitäten bei der Erhitzung von homogenisiertem Mantel und Fuß aus rohen oder blanchierten Muscheln; Mittelwerte von jeweils zwei Muscheln.

Tab. 3A: Muschelfuß

| | Rohe Muschel | | | Blanchierte Muschel | | |
|-----------------|---|------|------|---------------------|------|------|
| | AGLU | NACE | SPHO | AGLU | NACE | SPHO |
| | Enzymaktivität ($E \times h^{-1} \times ml^{-1}$) | | | | | |
| nicht erhitzt | 7,4 | 1,6 | 46,9 | 8,3 | 3,6 | 32,3 |
| Temperatur (°C) | Enzymaktivität (% nicht erhitzter Probe) | | | | | |
| 50 | 74 | 100 | 17 | 46 | 77 | 49 |
| 60 | 14 | 28 | nn | 3 | 30 | 22 |
| 70 | nn | 24 | nn | nn | nn | nn |

Tab. 3B: Muschelmantel

| | Rohe Muschel | | | Blanchierte Muschel | | |
|-----------------|---|------|-------|---------------------|------|------|
| | AGLU | NACE | SPHO | AGLU | NACE | SPHO |
| | Enzymaktivität ($E \times h^{-1} \times ml^{-1}$) | | | | | |
| nicht erhitzt | 11,6 | 3,4 | 121,7 | 6,6 | nb | 46,1 |
| Temperatur (°C) | Enzymaktivität (% nicht erhitzter Probe) | | | | | |
| 50 | 58 | 49 | 6 | 44 | nb | 23 |
| 60 | 6 | 27 | nn | nn | nb | nn |
| 70 | nn | nn | nn | nn | nb | nn |

nn: nicht nachweisbar ($E < 0,01$)

nb: nicht bestimmt, da Extrakt zu stark getrübt

| Temperatur (°C) | Enzymaktivität AGLU | (% der Aktivität im Rohextrakt) | |
|-----------------|---------------------|---------------------------------|------|
| | | NACE | SPHO |
| 40 | 88 | 82 | 78 |
| 50 | 69 | 57 | 9 |
| 60 | 9 | 37 | ! |
| 70 | nn | 8 | nn |

Mittelwerte der Untersuchungen von zwei Muscheln; die Extrakttherstellung erfolgte wie bei Tab. 2 angegeben.

Enzymaktivitäten in den Organen blanchierter Muscheln

Auffallend waren die hohen Enzymaktivitäten in Mantel und Fuß der blanchierten Muscheln (Tab. 3). Die durch die Nacherhitzung erfolgte Abnahme der Enzymaktivitäten zeigt, daß die Gewebe während des Blanchierens der Muscheln kaum auf 50 °C erhitzt worden sein können. Besonders deutlich ist dieser Effekt beim Muschelfuß, der im Inneren der blanchierten Muscheln lokalisiert ist.

Die in weiteren Organen der blanchierten Muscheln gemessenen Enzymwerte (Tabelle 5A) spiegeln einerseits die physiologische Aktivität wider, andererseits aber auch die aufgrund ihrer räumlichen Anordnung (Abbildung 2) in der Muschel bedingte unterschiedliche thermische Belastung dieser Organe. Fuß sowie Blut und Mitteldarmdrüse eignen sich aufgrund ihrer hohen Enzymaktivitäten und ihrer Position im Inneren der Muscheln besonders gut zur Differenzierung gegarter und blanchierter Muscheln. Hohe Enzymaktivitäten in diesen Organen sind ein Indiz dafür, daß keine Gartemperaturen (60-70 °C) erreicht wurden.

Tabelle 5B demonstriert die Variabilität der Enzymaktivitäten in blanchierten Muscheln in Abhängigkeit von den Parametern Organ, Enzym und Produkt. Muschelfleisch in Halbschale besaß in allen Organen niedrigere Enzymaktivitäten als Muschelfleisch ohne Schale, mit Ausnahme der Phosphatase-Aktivität im Mantel. Trotz der teilweise erheblichen Standardabweichungen ist es doch offensichtlich, daß in allen Organen der blanchierten Muscheln noch beträchtliche Enzymaktivitäten nachzuweisen waren.

Die nachträgliche Garung von blanchierten Muscheln in der Mikrowelle führte zu einer vollständigen Inaktivierung der alpha-Glucosidase und sauren Phosphatase in Fuß- und Mantelgewebe.

In Tabelle 6 sind die Ergebnisse der enzymatischen Untersuchungen des Gesamtfleisches roher, erhitzter oder blanchierter Muscheln aufgeführt. Die für die einzelnen Organe ausgewiesenen Ergebnisse werden bestätigt: das Fleisch der blanchierten Muscheln weist für alle drei Enzyme noch beträchtliche Aktivitäten auf, im Gegensatz zu Fleisch von Muscheln, die auf 70 °C erhitzt wurden.

Tab. 4: Vergleich der thermischen Stabilität verschiedener Enzyme im Extrakt aus rohem Muschelfleisch.

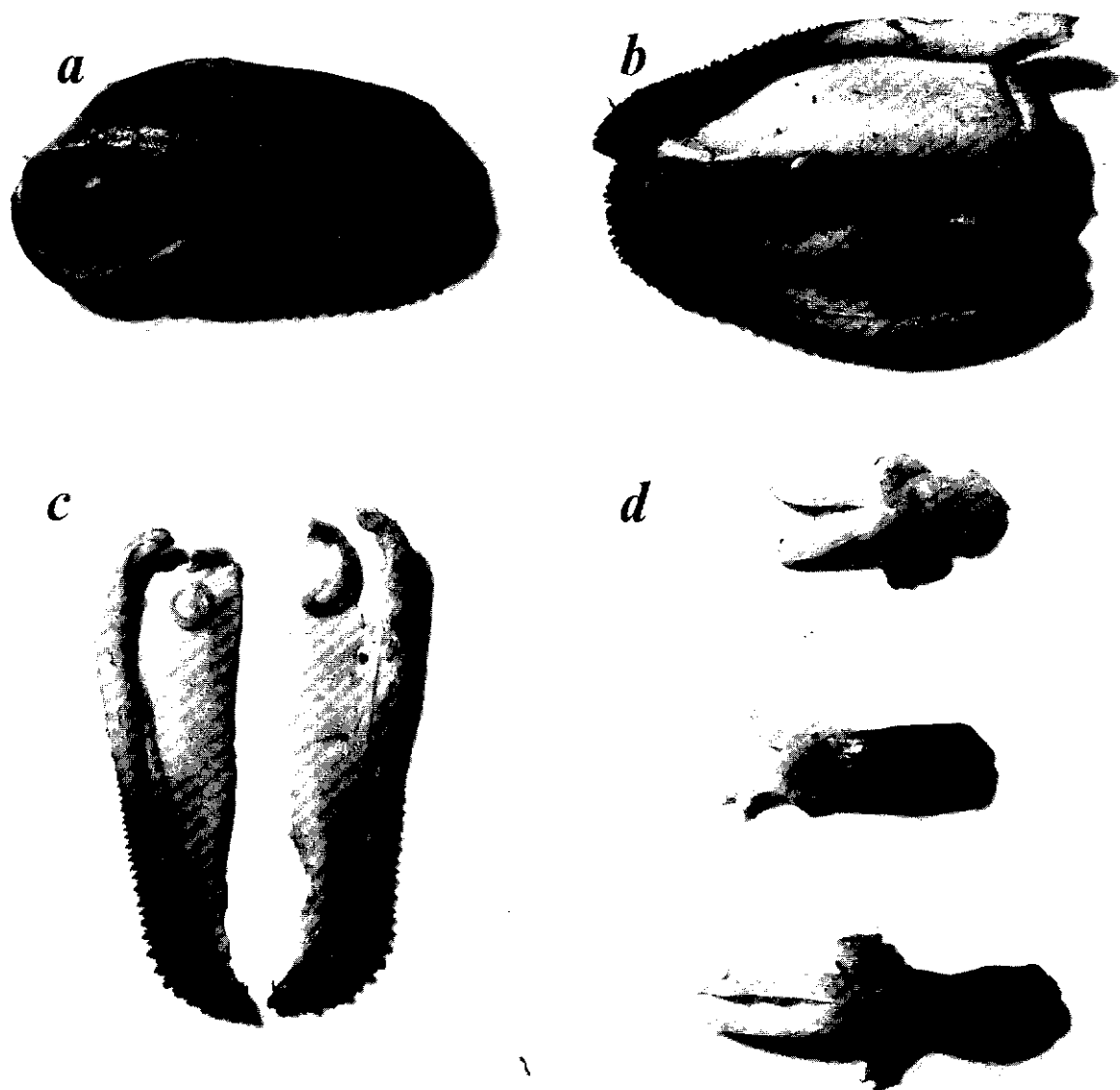


Abb. 2: Grünlippige Neuseeländische Muschel, a) im geschlossenen Zustand, b) teilweise geöffnet, c) Mantel, d) Fuß mit anhängendem Gewebe

Tabelle 5: Enzymaktivitäten in verschiedenen Organen blanchierter Muscheln.

| Tab. 5A: Organverteilung der Enzymaktivitäten | | | | Tab. 5B: Variationsbreite der Enzymaktivitäten | | | |
|---|--|------|-------|--|--|--------------|-----------------|
| Organ (Poolproben aus 2 Muscheln) | Enzymaktivität (E x h ⁻¹ x ml ⁻¹) | | | Organ | Enzymaktivität (E x h ⁻¹ x ml ⁻¹) | | |
| | AGLU | NACE | SPHO | | AGLU | ACE | SPHO |
| Gonaden | 1,1 | 1,3 | 5,4 | Fuß I | 19,8 +/- 1,9 ^a | nb | 39,9 +/- 8,9 |
| Blut/Mitteldarmdrüse | 53,8 | 49,1 | 115,0 | Fuß II | 5,0 +/- 0,8 | nb | 17,3 +/- 6,9 |
| Kiemen | 1,8 | 7,6 | 6,2 | Blut/Mittel- I | 102,6 +/- 25,1 | 41,6 +/- 0,9 | 260,5 +/- 138,9 |
| Schließmuskel | 0,7 | 0,6 | nn | darmdrüse II | 9,2 +/- 4,5 | 13,3 +/- 2,3 | 39,7 +/- 15,1 |
| Fuß | 7,4 | 5,1 | 15,2 | Mantel I | 3,8 +/- 0,7 | nb | 19,7 +/- 6,0 |
| Mantel | nn | 0,5 | 4,4 | Mantel II | 2,1 +/- 0,6 | nb | 33,2 +/- 8,8 |
| Bart/Randgewebe | nn | 0,7 | 3,6 | | | | |
| Restorgane | 7,0 | 5,5 | 12,4 | | | | |

^a: Mittelwerte und Standardabweichung (SD_{n-1})
I: n=4, blanchierte Muscheln
II: n=2, blanchierte Muscheln in Halbschale

Tab. 6: Enzymaktivitäten und Gehalt an löslichem Protein des Fleisches roher, erhitzter oder blanchierter Muscheln.

| Zustand des Muschelfleisches | Enzymaktivität ($E \times h^{-1} \times ml^{-1}$) | | | Proteingehalt (mg/ml) |
|------------------------------|---|------|-------|-----------------------|
| | AGLU | NACE | SPHO | |
| Roh (n=1) | 124,2 | 51,9 | 418,0 | 12,1 |
| Erhitzt (n=3) ^a | | | | |
| 50 | 63,6 | >53 | 53,3 | 4,1 |
| 60 | 8,2 | 31,2 | 14,0 | 1,9 |
| 70 | 0,9 | 2,2 | 8,2 | 1,0 |
| Blanchiert (n=1) | 22,2 | 13,6 | 20,0 | 1,6 |

^a: Rohes Fleisch von drei Muscheln wurde im Plastikbeutel 30 min auf 50, 60 oder 70 °C im Wasserbad erhitzt. Nach Abkühlung der Proben in Eiswasser wurden sie homogenisiert und extrahiert. Die angegebenen Temperaturen sind Kerntemperaturen, die nach 5-6 minütigem Einbringen der Proben in das Wasserbad erreicht wurden.

Fußgewebe sowie die Umwandlungstemperaturen und Denaturierungsenthalpien (Tabelle 7 a-c). Sie verdeutlichen einmal aufgrund der unterschiedlichen Thermostabilität die Verschiedenartigkeit der an ihrem Aufbau beteiligten Proteinfractionen und zum anderen, relevanter für die eigentliche Fragestellung, die Unterschiede in Abhängigkeit von der thermischen Vorbehandlung. Während die Thermogramme des vorher nicht erhitzten Materials (Kurve A) bei den jeweiligen Denaturierungstemperaturen deutliche Peaks aufweisen, die den endothermen Vorgang der thermischen Proteindenaturierung charakterisieren, fehlen diese in dem erhitzten Material in Abhängigkeit von dessen thermischer Belastung teilweise (Kurve B) oder völlig (Kurve C). Der außenliegende und damit einer erhöhten Temperatur stärker ausgesetzte Mantel (Abbildung 3) erweist sich schon nach dem Blanchieren als nahezu vollständig

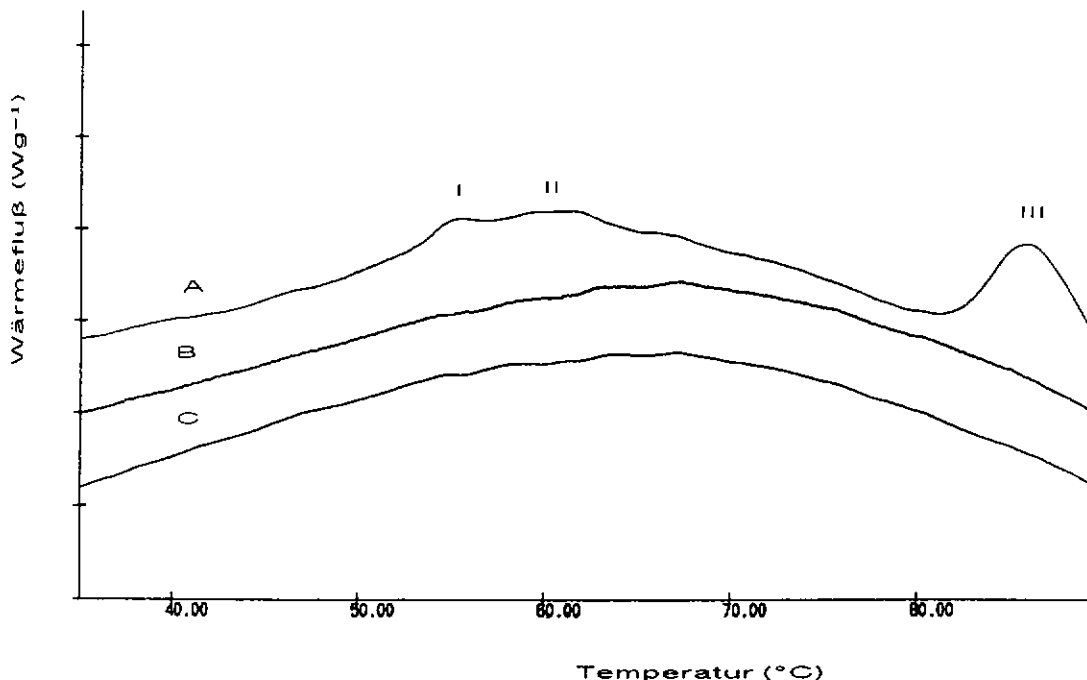


Abb. 3: Thermogramme des Mantelgewebes der Grünlippigen Neuseeländischen Muschel (A - roh, tiefgefroren; B - blanchiert, tiefgefroren; C - blanchiert, tiefgefroren, zusätzlich auf ca. 90 °C (Mikrowelle) erhitzt)

Dynamische Leistungskompensations-Differenz-Kalorimetrie

Werden chemische und/oder physikalische Eigenschaften einer Untersuchungssubstanz als Funktion der Temperatur gemessen, wobei die Substanz einem geregelten Temperaturprogramm unterworfen ist, so sind unterschiedliche Antworten (Proteinumwandlungen) in Abhängigkeit von der thermischen Vorbehandlung, der das Material ausgesetzt war, zu erwarten.

Dieses zeigen die in den Abbildungen 3 und 4 dargestellten Thermogramme von Mantel- bzw.

denaturiert. Es lassen sich keine distinkten Peaks erkennen. Da auch die Umwandlung, die im nativen Material erst bei ca. 85 °C auftritt, nicht mehr detektiert wird, ist zu vermuten, daß das Blanchieren durch eine kurzzeitige Behandlung mit überhitztem Wasserdampf erfolgte, der in den äußeren Gewebeschichten der Muschel eine weitgehende Proteindenaturierung bewirkt.

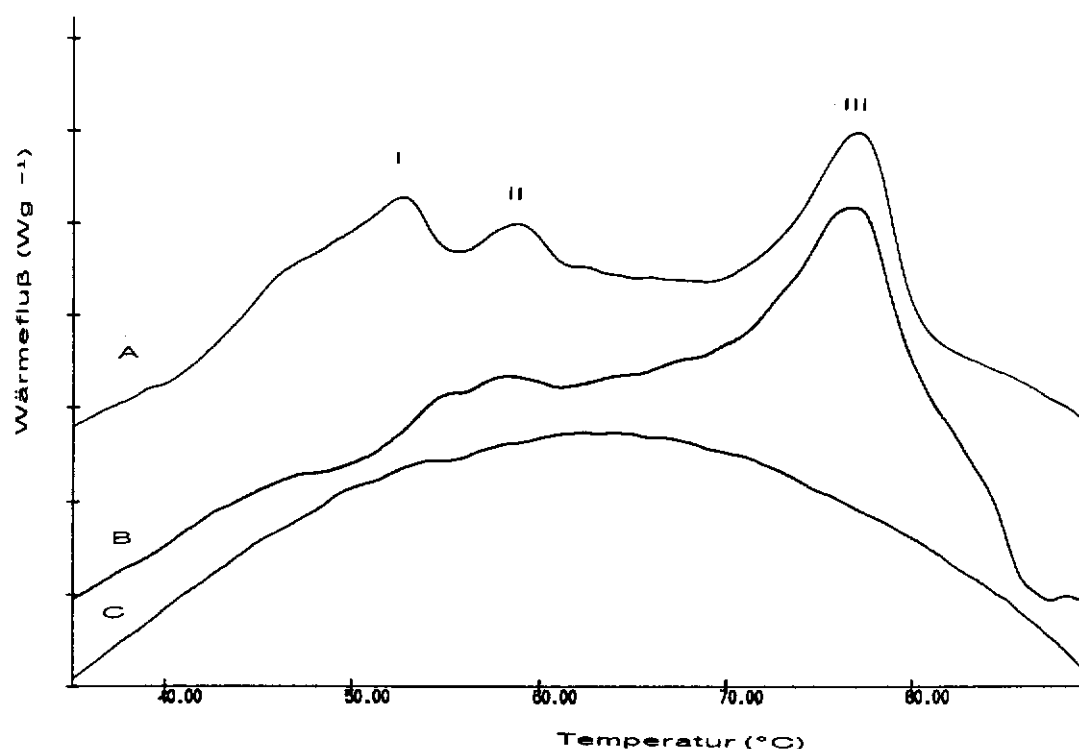


Abb. 4: Thermogramme des Fußgewebes der Grünlippigen Neuseeländischen Muschel (A - roh, tiefgefroren; B - blanchiert, tiefgefroren; C - blanchiert, tiefgefroren, zusätzlich auf ca. 90 °C (Mikrowelle) erhitzt)

Tab. 7: Umwandlungstemperaturen und -enthalpien verschiedener Gewebe (a - c) der Grünlippigen Neuseeländischen Muschel

| a) | Peak | | |
|---|----------------|-----------------|------------------|
| Mantel, roh | I ^a | II ^a | III ^b |
| T _{onset} (°C) | 54,43 (±0,08) | 57,86 (±0,47) | 82,25 (±0,17) |
| T _{max} (°C) | 55,14 (±0,13) | 59,80 (±1,08) | 85,76 (±0,06) |
| Umwandlungs- enthalpie (Jg ⁻¹) | 0,006 | 0,003 | 0,29 (±0,03) |
| a Mittelwert und Standardabweichung (SD _{n-1}), n=2 | | | |
| b Mittelwert und Standardabweichung (SD _{n-1}), n=3 | | | |
| ----- | | | |
| b) | Peak | | |
| Fuß, roh | I ^a | II ^b | III ^a |
| T _{onset} (°C) | 49,07 (±1,13) | 56,69 (±0,45) | 71,33 (±0,73) |
| T _{max} (°C) | 53,12 (±0,66) | 58,90 | 77,08 (±0,32) |
| Umwandlungs- enthalpie (Jg ⁻¹) | 0,18 (±0,003) | 0,07 (±0,018) | 0,91 (±0,05) |
| a Mittelwert und Standardabweichung (SD _{n-1}), n=4 | | | |
| b Mittelwert und Standardabweichung (SD _{n-1}), n=2 | | | |
| ----- | | | |
| c) | Peak | | |
| Fuß, blanchiert | I | II ^a | III ^b |
| T _{onset} (°C) | - | 56,24 | 71,45 (±0,56) |
| T _{max} (°C) | - | 58,13 | 77,12 (±0,34) |
| Umwandlungs- enthalpie (Jg ⁻¹) | - | 0,031 | 0,90 (±0,16) |
| a n=1 | | | |
| b Mittelwert und Standardabweichung, n=3 | | | |

Anders stellt sich dagegen die Situation dar, wenn der Fuß, also ein im Körperinneren liegender Muskel untersucht wird. Während der Umwandlungspeak III bei ca. 77 °C unbeeinflusst bleibt (Abb. 4, Kurve B und Tab. 7b und c), sind die Peaks I vollständig und II weitestgehend eliminiert. Dieses deutet darauf hin, daß während der thermischen Vorbehandlung in diesem Bereich der Muscheln Temperaturen um 60 °C erreicht wurden, da Peak II mit einem T_{max} von ca. 58 °C nur noch im Ansatz zu erkennen ist. Verglichen mit den wenigen Angaben, die anhand von DSC-Untersuchungen zum thermoanalytischen Verhalten von Weichtiermuskulatur vorliegen, ist festzustellen, daß die für das Fußgewebe gefundenen T_{max} der Peaks I und III z.T. deutlich über denen liegen, die von Paredi et al. 1994, 1995) bei ihren Untersuchungen an frischen Adduktorenmuskeln einer argentinischen Muschelart (*Aulacomya ater ater*) mit 50,5 und 72,5 °C ermittelt wurden. Die Autoren ordneten darin Peak I der Myosin/Paramyosin- bzw. Peak III der Actin-Fraktion der myofibrillären Muskelproteine zu. Diese Thermogramme wiesen generell nur zwei Peaks auf.

Sensorik

Die sensorische Prüfung der blanchierten Muscheln ergab, daß das Produkt nicht als „gar“ bezeichnet werden kann. Die Textur von Schließ- und Fußmuskel wurde als „noch elastisch“ beschrieben; andere Organe, wie beispielsweise die Kiemen, waren dagegen teilweise schleimig und glitschig.

Nachträgliche Erhitzung der blanchierten Muscheln auf ca. 90 °C in der Mikrowelle führte dagegen zu einem Produkt, das als „durchgegart“ und „fest“ benotet wurde.

Schlußfolgerungen

Das untersuchte Handelsprodukt, Fleisch der Grünlippigen Neuseeländischen Muschel, ist aus folgenden Gründen nicht als „gegart“, sondern als „blanchiert“ zu bezeichnen:

1. Das Gesamtmuschelfleisch und auch die einzelnen Organe wiesen erhebliche Aktivitäten der drei Enzyme alpha-Glucosidase, beta-N-Acetylglucosaminidase und saure Phosphatase auf.

Aufgrund der Organverteilung und der Thermostabilität dieser Enzyme ergibt sich, daß zumindest im Inneren, bei vielen Muschelproben aber auch in den Randpartien, Temperaturen von weniger als 60 °C bei der Verarbeitung geherrscht haben müssen.

2. Die mittels DSC erhaltenen Thermogramme verdeutlichen, daß in den inneren Organen der blanchierten Muschelproben die thermisch stabilen Proteinfractionen denen roher Proben vergleichbar waren und lassen den Schluß zu, daß die während der thermischen Behandlung an dieser Stelle erreichten Temperaturen 60 °C nicht überschritten haben dürften.

3. Sensorisch wurden die Handelsprodukte (blanchiertes Muschelfleisch) als „teilweise roh, nicht durchgegart“ eingestuft.

Die Kennzeichnung der Handelspackungen ist somit als korrekt anzusehen.

Danksagung: Wir danken T. Schmidt und I. Delgado-Blas für die hervorragende technische Durchführung der Experimente.

Literatur

- Boetius, A. und Felbeck, H.: Digestive enzymes in marine invertebrates from hydrothermal vents and other reducing environments. *Marine Biol.* 122: 105-113, 1995.
- Bogin, E., Israeli, B.A. und Klinger, I.: Evaluation of heat treatment of turkey breast meat by biochemical methods. *J. Food Protect.* 55: 787-791, 1992.
- Coretti, K.: Eine Schnellmethode zum Nachweis der ausreichenden Erhitzung in Dosenschinken. *Fleischwirtschaft* 9: 113-115, 1957.
- Ellekjær, M.R.: Assessment of maximum cooking temperatures of previously heat treated beef. Part 2: differential scanning calorimetry. *J. Sci. Food Agric.* 60: 255-261, 1992.
- Luten, J., Bouquet, W., van Barneveld, E. und Brüner, K.K.: Proteolytische enzymaktiviteit als maat voor gaarheid van tropische garnalen. *vmt*, no.2, 10-11, 1992.
- Paredi, M.E., Tomas, M.C., Crupkin, M. und Añon, M.C.: Thermal denaturation of *Aulacomya ater ater* (Molina) myofibrillar proteins: a differential scanning calorimetric study. *J. Agric. Food Chem.* 42: 873-877, 1994.
- Paredi, M.E., Tomas, M.C., De Vido de Mattio, N., Crupkin, M. und Añon, M.C.: Postmortem changes in adductor muscles from *Aulacomya ater ater* (Molina) store at 2-4 °C. A differential scanning calorimetric study. *J. Agric. Food Chem.* 43: 1758-1761, 1995.
- Rehbein, H.: Development of an enzymatic method to differentiate fresh and sea-frozen and thawed fish fillets. I. Comparison of the applicability of some enzymes of fish muscle. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 169: 263-265, 1979.
- Rehbein, H.: Determination of the heating temperature of fishery products. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 195: 417-422, 1992.
- Schubring, R.: Vergleich zwischen Fischfilet und Fischfiletsägemehl unter Anwendung der dynamischen Leistungskompensations-Differenz-Kalorimetrie. *Inf. Fischwirtsch.* 41: 187-193, 1994.
- Senter, S.D., Searcy, G.K. und Wilson, R.L.: Residual glutamic-oxaloacetic transaminase (GOT) activity in thermally processed poultry and poultry products as an indicator of end-point temperatures. *J. Sci. Food Agric.* 68: 19-23, 1995.
- Täufel, A., Tunger, L. und Zobel, M. (Hrsg.): *Lebensmittellexikon*. Fachbuchverlag Leipzig, S. 311, 1979.
- Townsend, W.E. und Blankenship, L.C.: Methods for detecting processing temperatures of previously cooked meat and poultry products - a review. *J. Food Protect.* 52: 128-135, 1989.
- Tülsner, M.: *Fischverarbeitung. Rohstoffeigenschaften von Fisch und Grundlagen der Verarbeitungsprozesse*. Behr's Verlag, Hamburg, S. 225, 1994.
- Yamada, J. und Suzuki, A.: Identification of shell fish species by thin layer isoelectric focusing of water-soluble protein. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, no. 110, 75-80, 1983.